

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

This Page Blank (uspto)

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(11) DE 32 12 590 A 1

(51) Int. Cl. 3:

G 02B 5/176

H 04 B 9/00

DE 32 12 590 A 1

- (21) Aktenz. ichen: P 32 12 590.9
(22) Anmeldetag: 3. 4. 82
(43) Offenlegungstag: 13. 10. 83

(71) Anmelder:

Wandel & Goltermann GmbH & Co, 7412 Eningen,
DE

(72) Erfinder:

Keller, Gustl, Dipl.-Phys., 7414 Lichtenstein, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Vorrichtung zum optischen Entzerren von Signalen bei ihrer Übertragung über Lichtwellenleiter

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum optischen Entzerren eines in einem langen Lichtwellenleiter (LWL) durch Dispersion laufzeitverzerrten optischen Signals angegeben. Hierzu wird das Signal in einzelne Anteile zerlegt, die dispersionsbedingte, voneinander verschiedene Laufzeiten aufweisen, und jeder Signalanteil wird derartig individuell verzögert, daß alle Signalanteile dieselbe Gesamtlauftzeit aufweisen. Zur Aufspaltung werden eine modenselektive optische Gabel, ein Wellenlängendemultiplexer, ein Polarisationstrenner oder, für RZ-Signale, ein schneller optischer n-Wege-Umschalter vorgeschlagen. Zu individuellen Signalverzögerungen der Signalanteile werden kurze, unterschiedlich lange LWL-Abschnitte herangezogen. Das entzerrte Signal erscheint am Ausgang eines optischen Summierers. Ein Vorteil liegt darin, daß rein passive Entzerrer hergestellt werden können, die also ohne Energiezufuhr auskommen.

(32 12 590)

Patentansprüche

1. Verfahren zum optischen Entzerren eines in einem Lichtwellenleiter (LWL) durch Dispersion verzerrten optischen Signals, dadurch gekennzeichnet, daß das verzerrte Signal in einzelne Signalanteile zerlegt wird, die dispersionsbedingte, voneinander verschiedene Laufzeiten aufweisen, daß jeder Signalanteil einer solchen individuellen Signalverzögerung unterworfen wird, daß sich für alle Signalanteile dieselbe Gesamtlaufzeit ergibt, und daß die individuell verzögerten Signalanteile wieder vereinigt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, insbesondere zur Entzerrung von Modendispersion, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Signalanteil um die Differenz zwischen seiner Laufzeit durch den Lichtwellenleiter und der längsten Laufzeit eines Signalanteils durch den Lichtwellenleiter verzögert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 zum Entzerren eines RZ-Signals, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Bit des RZ-Signals in mehrere zeitlich aufeinanderfolgende gleichlange, zusammen jeweils einer Bitdauer entsprechende Signalabschnitte zerlegt wird, daß jeder Signalabschnitt individuell entsprechend der Differenz der Laufzeit des in dem betreffenden Signalabschnitt vorherrschenden Mode bzw. der in dem betreffenden Signalabschnitt vorherrschenden Modengruppe und der längsten Laufzeit eines Modes bzw. einer Modengruppe verzögert wird und daß die verzögerten Signalabschnitte addiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 zum Entzerren von Modendispersion, insbesondere in Multimode-LWL, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerlegung in Signalanteile mit unterschiedlichen Moden, bzw. mit unterschiedlichen Modengruppen jeweils etwa gleicher Signallaufzeit, erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 zum Entzerren von Wellenlängendispersion, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerlegung in Signalanteile unterschiedlicher Wellenlängen erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 zum Entzerren von Polarisationsdispersion in LWL, insbesondere in Monomode-LWL, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerlegung in Signalanteile unterschiedlicher Polarisationsrichtungen erfolgt.
7. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch einen Modentrenner (2), an dessen Eingang das verzerrte Signal liegt, durch mehrere mit ihren einen Enden an den Ausgängen (3a bis 3n) des Modentrenners (2) angegeschlossene, unterschiedlich lange LWL-Abschnitte (4a bis 4n) und durch ein mit den anderen Enden (5a bis 5n) der unterschiedlich langen LWL-Abschnitte (4a bis 4n) verbundenes Summierglied (6), an dessen Ausgang das entzerrte Signal abnehmbar ist. (Fig. 1)
8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Modentrenner einen mit seinem einen Ende einen Entzerrereingang (20) bildenden und mit seinem anderen Ende einem Entzerrerausgang zugewandten, einen stark gekrümmten mittleren Bereich (27) aufweisenden LWL-Abschnitt (22) enthält, an den ausgangsseitig hinter dem stark gekrümmten Bereich (27) ein weiterer LWL-Abschnitt (23) durch gegenseitige Anlage einseitig querschnittsgeschwächter Bereiche der beiden LWL-Abschnitte (22,23) angeschlossen ist, dessen dem Entzerrereingang (20) zugewandtes Ende mit einem absorbierenden Abschluß (23a) versehen ist und dessen dem Entzerrerausgang zugewandtes Ende einen weiteren Modentrennerausgang bildet. (Fig. 2)

9. Anordnung nach Anspruch 8, daß durch gekennzeichnet, daß auch vor dem stark gekrümmten Bereich (27) des LWL-Abschnittes (22) ein weiterer LWL-Abschnitt (24) angeschlossen ist, der einerseits einen Abschluß (24a) trägt und andererseits einen weiteren Modentrennrausgang bildet. (Fig. 2)
10. Anordnung nach Anspruch 7, daß durch gekennzeichnet, daß der Modentrenner einen mit seinem einen Ende den Eingang des Entzerrers bildenden ersten LWL-Abschnitt (30), dessen anderes Ende eine plane Endfläche (33) aufweist, und mehrere mit ihren einen Enden jeweils zu einem Ausgang des Entzerrers weisende weitere LWL-Abschnitte besitzt, deren andere Enden im Querschnitt verringert (verdünnt) sind und an diskrete Teilbereiche (30a bis 30d) der planen Endfläche (33) des ersten LWL-Abschnittes (30) angekoppelt sind, und daß die weiteren LWL-Abschnitte nach Maßgabe der auszugleichenden Laufzeitunterschiede der einzelnen Moden bzw. Modengruppen unterschiedliche Längen aufweisen und mit den Eingängen eines Summiergliedes (35) verbunden sind.
11. Anordnung nach Anspruch 10, daß durch gekennzeichnet, daß an jedem der kreisringförmigen Teilbereiche (30a, 30b, 30c) der Endfläche (33) jeweils eine Gruppe unter sich gleich langer LWL-Abschnitte (34a1 bis 34a8; 34b1 bis 34b6; 34c1 bis 34c4) angekoppelt sind, die jeweils an den Eingängen weiterer Summierglieder (35a, 35b, 35c) liegen, deren Ausgänge über unterschiedlich lange LWL-Abschnitte (36a, 36b, 36c) mit den übrigen Eingängen eines ersten Summiergliedes (36) verbunden sind. (Fig. 3a, Fig. 3b).
12. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch einen Wellenlängendemultiplexer (40), an dessen Eingang (41) das verzerrte Signal liegt, durch mehrere mit ihren einen Enden an den Ausgängen des Wellenlängendemultiplexers angeschlossene, unterschiedlich lange LWL-Abschnitte (42, 43, 44) und durch ein mit den anderen Enden der unterschiedlich langen LWL-Abschnitte verbundenes Summierglied (45), an dessen Ausgang (46) das entzerrte Signal abnehmbar ist. (Figur 4).

13. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch einen Polarisationstrenner (50), an dessen Eingang (51) das verzerrte Signal liegt, durch zwei mit ihnen einen Encen an den Ausgängen des Polarisationstrenners angeschlossene unterschiedlich lange LWL-Abschnitte (52, 53) und durch ein mit den anderen Encen der unterschiedlich langen LWL-Abschnitte verbundenes Summierglied (44), an dessen Ausgang das entzerrte Signal abnehmbar ist. (Figur 5)
14. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Kombination mindestens zweier der Ansprüche 7, 12 und 13.
15. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das zu entzerrende optische RZ-Signal am Eingang (61) eines schnellen optischen n-Wege-Umschalters (60) liegt, der mit dem n-fachen der Bittaktfrequenz des RZ-Signals umläuft und dessen Ausgänge über unterschiedlich lange LWL-Abschnitte (63 bis 68) mit den Eingängen eines Summiergliedes (69) verbunden sind. (Figur 6)

03.04.82

3212590

Verfahren und Vorrichtung zum optischen
Entzerrern von Signalen bei ihrer Ober-
tragung über Lichtwellenleiter

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum optischen Entzerrern der durch Dispersion, insbesondere durch Modendispersion, in Lichtwellenleitern entstandenen Verzerrungen eines Signals.

Bei der Übertragung optischer Signale über lange Lichtwellenleiter treten zufolge von Moden-, Material- und Wellenleiterdispersion der Lichtwellenleiter Signalverzerrungen auf, die mit der Länge der Lichtwellenleiter zunehmen und daher den maximalen Verstärkerabstand bestimmen. Bei der Übertragung in dem für Gradienten-LWL besonders interessanten Wellenlängenbereich von 1,2 um bis 1,3 um überwiegt die Modendispersion, die durch die Laufzeitunterschiede bzw. unterschiedlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der verschiedenen Moden bzw. Modengruppen hervorgerufen wird, wogegen die Materialdispersion in diesem Wellenlängenbereich ein Minimum aufweist. Demgegenüber ist im Wellenlängenbereich von 800 nm bis 900 nm die Materialdispersion nicht zu vernachlässigen. Ihre Auswirkung kann je nach Art der anregenden Lichtquelle die Auswirkung der Modendispersion auch überwiegen.

Aus Optical Communication Conference, Amsterdam 17. - 19. September 1979, Conference proceedings, Seite 22.2-3, Figur 6, ist als Bestandteil eines optischen Empfängers für die LWL-Übertragung ein Signalregenerator für eine Lichtwellenleiterübertragungsstrecke bekannt, der zur Entzerrung der durch Dispersion hervorgerufenen Impulsverzerrungen einen elektrischen Entzerrer enthält. Diese Art der Entzerrung ist aber umständlich und aufwendig, weil die empfangenen optischen Signale zuerst in elektrische Signale umgewandelt und diese nach der Entzerrung wieder in optische Signale zurückgewandelt werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Entzerrung unmittelbar am optischen Signal vorzunehmen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe auf die im Anspruch 1 gekennzeichnete Weise. Dabei ergeben sich die Vorteile, daß das optische Signal ohne Zufuhr von Hilfsenergie entzerrt wird, und daß es bei der Entzerrung keine elektromagnetischen Störungen aufnimmt.

Eine erfinderische Weiterbildung des Verfahrens ist im Anspruch 3 gekennzeichnet. Sie eignet sich auch dann, wenn ein optisches RZ-Signal mehrere Verzerrungsanteile enthält, die von unterschiedlichen Dispersionsarten herrühren.

Die Erfindung löst die oben angegebene Aufgabe jeweils auch durch die in den Ansprüchen 7, 12 und 13 gekennzeichneten Anordnungen.

Da diese rein optischer Art sind, können längs einer LWL-Übertragungsstrecke auch Entzerrer vorgesehen werden, denen keine elektrische Energie zugeführt werden muß (ungespeiste Regeneratoren) wenn, wie üblich, die mögliche LWL-Kabellänge ("Regeneratorfeldlänge") durch die Dispersion und nicht durch die Kabeldämpfung begrenzt ist.

Eine erfinderische Anordnung zur Entzerrung von RZ-Signalen ergibt sich mit den Mitteln des Anspruchs 15. Auf diese Weise kann an den Stellen einer LWL-Übertragungsstrecke, an denen ein optisches RZ-Signal zwecks Verstärkung desselben vorübergehend in ein elektrisches Signal umgesetzt wird, das optische Signal auch ohne Zuhilfenahme eines optisch wirkenden Moden-, wellenlängen oder Polarisationstrenners rein optisch entzerrt werden, wobei es keine Rolle spielt, welche Dispersionsart die Verzerrungen verursacht hat.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Hierbei zeigt

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Hierbei zeigt

- Figur 1 einen ersten Entzerrer
- Figur 2 einen zweiten Entzerrer mit einem Modentrenner gemäß Ansprüche 8 und 9
- Figuren 3a und 3b einen dritten Entzerrer mit einem Modentrenner gemäß Anspruch 10
- Figur 4 einen vierten Entzerrer mit einem Wellenlängentrenner (=Demultiplexer)
- Figur 5 einen fünften Entzerrer mit einem Polarisationstrenner
- Figur 6 einen sechsten Entzerrer mit einem schnellen n-Wege-Umschalter.

Bei dem in Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel eines Entzerrers ist ein Lichtwellenleiter (LWL) 1, in dem das durch Laufzeitunterschiede verzerrte Signal ankommt, mit dem Eingang einer Einrichtung 2 zum Trennen des Signals in Signalanteile mit unterschiedlichen Laufzeiten verbunden. Ausgänge 3a bis 3n der Einrichtung 2 sind über unterschiedlich lange LWL-Abschnitte 4a bis 4n mit Eingängen 5 eines Summiergliedes 6 verbunden, an dessen mit einer abgehenden LWL 7 verbundenem Ausgang das entzerrte Signal erscheint. Am Ausgang 3a erscheint der Signalanteil mit der längsten Laufzeit τ_a . Er wird zum Eingang 5a des Summiergliedes 6 über den kürzesten LWL-Abschnitt 4a geleitet. An den Ausgängen 3b bis 3n erscheinen Signalanteile mit jeweils gegenüber der Laufzeit des vorigen Signalanteils kürzeren Laufzeiten τ_b bis τ_n . Die Längen der die Ausgänge 3 mit den Eingängen 5 verbindenden LWL-Abschnitte 4a bis 4n sind entsprechend den Laufzeitunterschieden in der Weise gestaffelt, daß sich jeweils dieselbe Laufzeit ergibt, die der längsten Gesamtaufzeit τ_a entspricht, wodurch die Entzerrung des Signals bewirkt wird.

Bei dem in Figur 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel eines Entzerrers ist hinter dessen Eingang 20, der mit dem Ende eines langen, die Modendispersion erzeugenden LWL 21 verbunden ist, ein drei unterschiedlich lange LWL-Zweige 22,23,24 aufweisender Modentrenner angeordnet,

dessen kürzester LWL-Zweig 22 den Eingang 20 auf kurzem Wege mit einem ersten Eingang 25 eines Summiergliedes 26 verbindet und der einen stark gekrümmten mittleren Bereich 27 aufweist. Hinter und vor dem stark gekrümmten Mittelteil 27 ist der LWL-Zweig 22 seitlich bis zu seinem Kern angeschliffen und jeweils mit den kurz hinter ihren Enden, ebenfalls seitlich bis zu ihren Kernen angeschliffenen LWL-Zweigen 23 bzw. 24 durch Kontaktieren der angeschliffenen Stellen verbunden. Die anderen Enden der LWL-Zweige 23 und 24; von denen der LWL-Zweig 23 eine mittlere Länge und der LWL-Zweig 24 eine größte Länge aufweist, sind stirnseitig mit weiteren Eingängen 28 und 29 des Summiergliedes 26 verbunden, während die den angeschliffenen Stellen benachbarten Enden der LWL-Zweige 23 und 24 mit absorbierenden Abschlüssen 23a, 24a verbunden sind.

Da je nach Art des für die LWL-Zweige verwendeten Glasfasermaterials und dessen Anschliffs die sich unterschiedlich schnell ausbreitenden Modengruppen bevorzugt in die verschiedenen LWL-Zweige übertreten, wird man bei der Herstellung des Modentrenners zunächst die LWL-Zweige 22, 23 und 24 gleich lang machen und sie erst nach Feststellen der zwischen ihnen auftretenden Modengruppenverteilung und der im vorgeschalteten LWL 21 tatsächlich auftretenden Laufzeitunterschiede entsprechend kürzen. Bei der in Figur 2 dargestellten Anordnung ist angenommen, daß die am Eingang 25 erscheinende Modengruppe in dem vor dem Eingang 20 liegenden, die Modendispersion verursachenden LWL 21 die größte Laufzeitverzögerung, die am Eingang 28 erscheinende Modengruppe eine mittlere und die am Eingang 29 erscheinende Modengruppe die geringste Laufzeitverzögerung erfahren hat, so daß sich im Zusammenwirken mit den unterschiedlichen Längen der LWL-Abschnitte 22, 23 und 24, für alle Modengruppen bzw. Signalanteile jeweils dieselbe Gesamlaufzeit ergibt.

Das in den Figuren 3a und 3b dargestellte dritte Ausführungsbeispiel benutzt einen Modentrenner, bei dem ein erster LWL-Abschnitt 30, der mit seinem einen Ende mittels einer LWL-Kupplung 31 mit dem Ende eines langen LWL 32 verbunden ist, in dem das zu entzerrende Signal ankommt, an seinem anderen Ende eine plane Endfläche 33 mit kreis- bzw. ringförmigen Teilbereichen 30a, 30b, 30c und 30d besitzt, aus denen die verschiedenen Signalanteile auskoppelbar sind, die den vorgeschalteten

langen LWL 32 mit unterschiedlichen Laufzeiten durchlaufen haben.

An den inneren kreisförmigen Teilbereich 30d ist ein dünner LWL-Abschnitt 34d angekoppelt, der unmittelbar zu einem Eingang eines ersten Summiergliedes 35 führt. Die ringförmigen Teilbereiche 30a, 30b und 30c sind jeweils über eine Gruppe 34a, 34b bzw. 34c unter sich gleichlanger dünner LWL-Abschnitte 34a1 bis 34a8; 34b1 bis 34b6; 34c1 bis 34c4 mit den Eingängen weiterer Summiergleider 35a, 35b und 35c verbunden, deren Ausgänge über weitere LWL-Abschnitte 36a, 36b und 36c mit den übrigen Eingängen des ersten Summiergliedes 35 verbunden sind. Die Laufzeitentzerrung kommt durch die unterschiedlichen Längen der LWL-Abschnitte 34d und 36a bis 36c zustande. Im dargestellten Beispiel ist angenommen, daß die Laufzeiten der aus den verschiedenen Teilbereichen 30a bis 30d der Endfläche 33 auskoppelbaren Signalanteile von innen nach außen abnimmt.

Das in Figur 4 dargestellte vierte Ausführungsbeispiel arbeitet mit einem Wellenlängendemultiplexer 40, an dessen Eingang 41 das Laufzeitverzerrte Signal anliegt und an dessen drei Ausgängen drei verschiedene Wellenlängenbereiche λ_1 , λ_2 und λ_3 umfassende Teilsignale erscheinen die über drei unterschiedlich lange LWL-Abschnitte 42, 43 und 44 mit den Eingängen eines Summiergliedes 45 verbunden sind, wobei angenommen ist, daß $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ ist.

Das in Figur 5 dargestellte fünfte Ausführungsbeispiel arbeitet mit einem Polarisationstrenner 50, an dessen beiden Ausgängen Signalanteile mit um 90° gegeneinander verdrehten Polarisationsrichtungen p_1 und p_2 erscheinen. Hierbei ist angenommen, daß das Teilsignal mit der Polarisationsrichtung p_1 die größere Laufzeit aufweist.

Das in Figur 6 dargestellte sechste Ausführungsbeispiel besitzt zur Trennung der verschiedenen Signalanteile eines Laufzeitverzerrten RZ-Signals einen schnellen optischen n-Wege-Umschalter 60, der mit dem n-fachen der Bittaktfrequenz des RZ-Signals umläuft. An seinem Eingang 61 ist das Ende des das zu entzerrende RZ-Signal zuführenden langen LWL 62 angeschlossen, und seine Ausgänge sind über unterschiedlich lange LWL-

Abschnitte 63 bis 68, mit den Eingängen eines Summiergliedes 69 verbunden, an dessen Ausgang das entzerrte Signal steht.

Die Anordnung nach Figur 6 ist nur bei LWL-Strecken 62 anwendbar, deren Länge so begrenzt ist, daß die auf der LWL-Strecke auftretenden maximalen Laufzeitunterschiede zwischen dem sich am schnellsten und dem sich am langsamsten fortpflanzenden Signalanteil die Dauer eines Bits nicht überschreitet.

2. April 1982
EP Ku/Eu

M.
Leerseite

- 13 -

Nummer: 32 12 590
 Int. Cl.³: G 02 B 5/176
 Anmeldetag: 3. April 1982
 Offenlegungstag: 13. Oktober 1983

32 12 590

Fig. 1

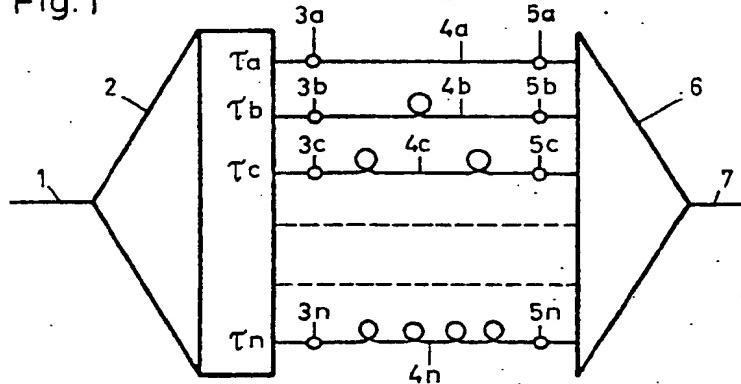


Fig. 5

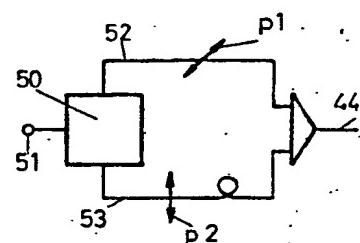


Fig. 2

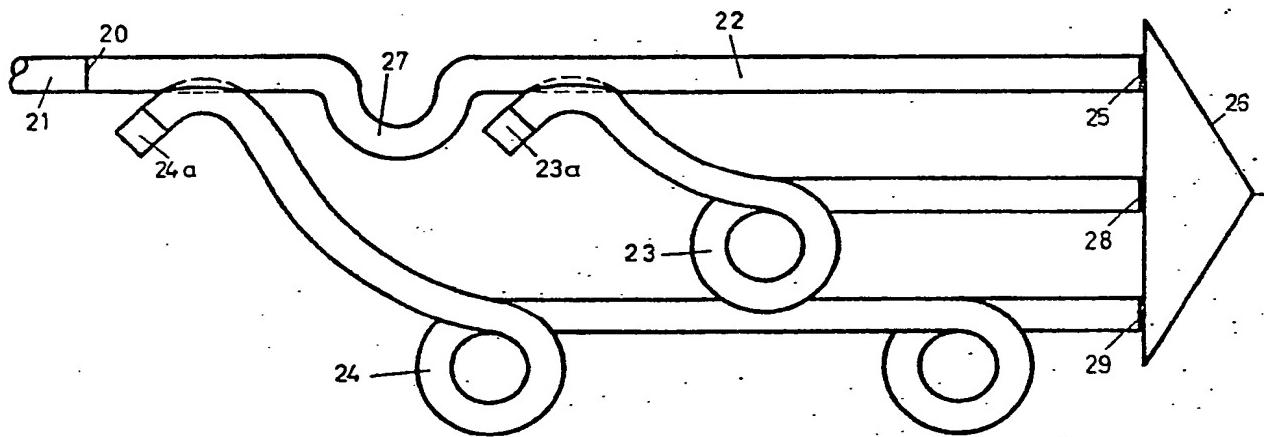


Fig. 4

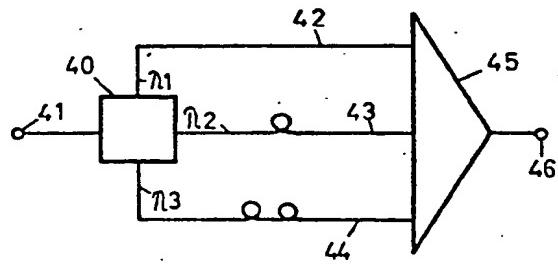


Fig. 6

